Untersuchungen über das optische Differenzierungsvermögen der Fische

---

Inaugural-Dissertation

zur

Erlangung des Doktorgrades

genehmigt von der

Mathematisch-Naturwissenschaftlichen Fakultät

der

Friedrich-Wilhelms-Universität zu Berlin

vorgelegt von

Hans Joachim Hager

aus Berlin-Spandau

Tag der mündlichen Prüfung: 22. Juni 1938

Tag der Promotion: 30. November 1938

Druck der Universitätsdruckerei H. Stürtz A.G., Würzburg

N 92

Referenten: Prof. Dr. Herter

Prof. Dr. Seidel

R. UNIV.
BIBLIOTHEEK
LEIDEN

Sonderdruck aus
„Zeitschrift für vergleichende Physiologie“, 26. Band, 3. Heft.
Verlag von Julius Springer, Berlin.

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41543925_0128

Inhaltsangabe.

Seite

Einleitung 282
Material und Methodik 283
Dressur auf strukturgleiche, zahlenmäßig differenzierte optische Signale. 285
Umdressur auf umgekehrte Vorzeichen 292
Dressurproben mit veränderten Signalen 293
Assoziationsdauer 295
Dressur auf optische Annäherungssignale. 295
Dressur auf mehr als 2 optische Signale. 298
Spontanwahlversuche mit gegliederten und ungegliederten optischen Signalpaaren 299
Zusammenfassung 301
Literaturverzeichnis 302

Einleitung.

Die in letzter Zeit vorgenommenen Dressurversuche an Fischen haben sich vorwiegend mit der Leistung des optischen, akustischen, geschmacklichen und geruchlichen Assoziationsvermögens beschäftigt. Bei ersterem handelte es sich hauptsächlich um Farb- und Formdressuren. Da die Formdressuren vorwiegend mit Signalen *verschiedener* Struktur ausgeführt wurden, war es von Interesse, zu wissen, ob ein Erlernen *strukturgleicher* optischer Zeichen möglich ist, d. h. von Zeichen, die vom Menschen im allgemeinen zahlenmäßig differenziert werden. Ferner sollte das Verhalten der Versuchsfische auf eine zahlenmäßig relative oder absolute Transponierbarkeit der Dressurzeichen untersucht werden und ein Beitrag zu dem Problem der Transponierbarkeit von Formen allgemein geliefert werden. Im Anschluß daran war eine Untersuchung der Differenzierungsgrenze einander angenäherter Figuren vorgesehen.

Es konnten auch Beobachtungen über Assoziationsdauer und über den Einfluß einer Assoziationsbelastung auf die Lerndauer verschieden lange dressierter Fische angestellt werden. Auch die von K. v. Frisch ausgeführte Untersuchung der maximalen Leistung des akustischen Assoziationsvermögens sollte entsprechend bei der Dressur auf optische Signale vorgenommen werden. Schließlich wurde das Problem der von

W. v. Buddenbrock bei *Eristalis tenax* festgestellten Spontanwahl gegliederter Zeichenmuster bei *Phoxinus laevis* und *Eupomotis gibbosus* untersucht.

Die Versuche wurden im zoologischen Institut der Universität zu Berlin unternommen. Herrn Prof. Dr. K. Herter danke ich für die Anregung zu dieser Arbeit und seine rege Anteilnahme an ihrem Verlauf.

Material und Methodik.

Für die Dressurversuche wurden ausschließlich Elritzen *(Phoxinus laevis)* verwendet, da die Versuche mit anderen Fischarten, z. B. *Xiphophorus helleri, Cichlasoma facetum* und *Macropodus viridiauratus* eine zu starke zeitliche Verschiedenheit des Lernvermögens zeigten. Da die Lerngeschwindigkeit bei den einzelnen verwendeten Signaltypen untersucht werden sollte, entschied ich mich für die Elritze, deren gute Dressureigenschaften aus früheren Versuchen bekannt sind. Bei den Spontanwahlversuchen benutzte ich Sonnenfische *(Eupomotis gibbosus)*, die sich dafür aus noch weiter unten zu erörternden Gründen besonders gut eignen. Bis auf einige Elritzen, die in der Bode (Harz) gefangen wurden, stammten die Versuchstiere von Berliner Aquarienhändlern und waren dort zum Teil schon längere Zeit gehalten worden. Bei den aus der Bode stammenden Tieren nahm die Eingewöhnung in die Dressurbecken längere Zeit in Anspruch als bei den gekauften.

Die Versuchsbehälter bestanden aus Vollglasaquarien ($40 \times 27 \times 27$ cm), die durch Milchglasscheiben in zwei gleich große Abteilungen geteilt wurden. Dadurch konnten für die jeweiligen Versuchspaare die Umwelteinflüsse immer annähernd gleichgeschaltet werden (Temperatur, Licht, Sauerstoffgehalt des Wassers). Die Versuchsbehälter enthielten nur Wasser, keinen Bodengrund und keine Pflanzen. Bei den ersten Versuchen wurden sie auch nicht durchlüftet, später wurde durch ein dünnes Blei- oder Glasrohr Druckluft eingeleitet, da die Versuchstiere zuweilen an warmen Tagen Atmungsbeschwerden zeigten. Ungefähr 1 Stunde vor Beginn jeden Versuchs wurde die Durchlüftung abgestellt und das Rohr vorsichtig herausgenommen. Vorgenommene Kontrollversuche zeigten aber, daß das Vorhandensein eines nicht zu starken Durchlüftungsstromes keinen störenden Einfluß auf das Arbeiten des Versuchsfisches hatte.

Ein Wasserwechsel der Becken und das dadurch bedingte Umsetzen der Fische in einen anderen Behälter wurde nur sehr selten vorgenommen. Die Fische blieben dann jeweils 1—2 Tage in Ruhe, da sie durch das Herausnehmen sehr aufgeregt und meistens für kurze Zeit arbeitsunfähig wurden. Bei sehr starkem Ansteigen der Außentemperatur wurde durch 2 eingeführte dünne Glasröhren Leitungswasser zum Durchströmen gebracht, so daß das Wasser nach etwa einstündigem Durchlaufen vollständig erneuert werden konnte. Die dadurch auftretenden Temperaturschwankungen hatten keinen Einfluß auf das Verhalten der Dressurtiere. Dressuren und Proben wurden während dieser Manipulationen mit normalem Ergebnis vorgenommen. Desgleichen störte das Säubern der Glaswände von Algen durch eine Messingdrahtbürste oder einen Gummischwamm die Leistungen der Versuchstiere nicht. Ein Einfluß der jeweiligen Temperaturschwankungen (Hafen 1935), die zuweilen innerhalb einer kurzen Zeitspanne[1] bis zu 10^0 nach oben und bis zu 8^0 nach unten betrugen, konnte auf das normale Verhalten der Versuchstiere nicht festgestellt werden, sofern die Temperaturschwankungen nicht plötzlich auftraten. Um einem Pilzbefall der Tiere vorzubeugen, wurde dem Wasser zuweilen eine

[1] Im Winter kühlte der Versuchsraum nachts sehr stark aus, während er tagsüber oft bis zu $+25^0$ erwärmt wurde. Beim Durchströmen der Becken mit kaltem Leitungswasser traten noch größere Temperaturänderungen ein.

schwachprozentige Antidiscrassicumlösung zugesetzt. Ein krankheitsverdächtiges Tier wurde ungefähr 1 Stunde lang in eine stark durchlüftete Kaliumpermanganatlösung gesetzt. Die danach vorgenommenen Proben ergaben normale Resultate.

Als Beleuchtungsquelle wurde in der Hauptsache diffuses Tageslicht verwendet. Die Becken standen mit der der Dressurseite entgegengesetzten Seite ungefähr $3^1/_2$ m von 2 hohen Fenstern entfernt, so daß das Licht voll auf die Dressurseite fiel (mit „Dressurseite" ist diejenige Seite gemeint, an der mit den Signaltafeln gearbeitet wurde). Bei einigen Versuchen wurde künstliches Licht verwendet. Hierbei kam eine elektrische 100 Watt-Lampe, die etwa 1,70 m über dem Versuchsbecken angebracht war oder eine 75 Watt-Lampe, die sich 30 cm über dem Becken befand, in Anwendung. Die Versuchsbecken waren von außen durch weiße Pappe abgeschirmt, an der Lichtseite war dünnes weißes Seidenpapier aufgehängt. Nach jedem Dressur- oder Probeversuch wurden die Becken mit einer Glasscheibe bedeckt. Als Signalreize wurden quadratische Tafeln aus weißer Pappe von 4 cm Seitenlänge verwendet, auf die die Signale mit schwarzer Tusche aufgezeichnet oder aus schwarzem Kalikopapier ausgeschnitten und aufgeklebt wurden. Änderungen der Tafelgröße hatten *keinen* Einfluß auf den Fortgang der Dressur.

Die Dressuren wurden nach der Herterschen Methode mit der Dressurgabel vorgenommen (K. Herter 1929). Als positiver Reiz (Futterreiz) diente Käse, als negativer (Strafreiz) Paraffin. Um unbeabsichtigte Farbdressuren auszuschalten, wurde der Käse kurz vor der Dressur gewässert, bis er die weißliche Färbung des Paraffins angenommen hatte. Ein verschärfter Strafreiz, z. B. Eintauchen des Paraffins in Nelkenöl, wurde nicht angewendet. Bei der Dressur hingen die Signaltafeln in gleicher Höhe, ungefähr 4 cm voneinander entfernt. Horizontale oder vertikale Verschiebungen der Signaltafeln wurden bei mehreren Proben vorgenommen. Ein Einfluß dieser Verschiebungen auf die Leistungen des Versuchstieres konnte nicht beobachtet werden. Dressurfütterungen wurden täglich 5—10 vorgenommen. Im allgemeinen wurde mit Zehnergruppen gearbeitet. Nach dem Prozentsatz dieser Zehnergruppen wurde dann die Leistung gewertet. Als gelungene Dressur galten 1—4 Zehnergruppen mit mindestens 80%ig positivem Ergebnis. Mehrere Zehnergruppen von Proben schlossen dann die Dressur ab.

Es wurde nicht nur die prozentuale, sondern auch die individuelle Leistung zur Bewertung des Lernvorganges herangezogen. Dafür wurden die Bezeichnungen w. g. (wählt gut) und w. s. g. (wählt sehr gut) geprägt. Als w. g.-Leistung wurde das gerade Hinschwimmen des Fisches aus der Normalstellung zur positiven Signaltafel gewertet. Als w. s. g.-Leistung galt die spontan durchgeführte positive Wahl unter „bewußter" Vermeidung des negativen Signals aus einer negativ gerichteten Stellung. Diese negativ gerichtete Stellung des Versuchsfisches wurde hauptsächlich bei Proben angewendet, damit eine zufällig positive Wahl möglichst ausgeschaltet wurde.

Die individuelle Einzelleistung des Versuchsfisches mußte besonders berücksichtigt werden, wenn der Prozentsatz konstant zwischen 70 und 80% schwankte. Deswegen kann eine 80%ige Leistung zuweilen höher bewertet werden, wenn die individuelle Leistung berücksichtigt wird, als eine rein prozentuale Höchstleistung (100), bei der die Zufälligkeit der Wahl unter Umständen eine nicht zu unterschätzende Rolle spielen kann. Um die individuelle Leistung noch zu erhöhen, wurde der Futterdraht so nach oben oder zur Seite gebogen, daß der Futterbrocken sich außerhalb des Signalfeldes befand. Dadurch wurde verhindert, daß der Futterbrocken einen Teil des Dressurzeichens verdeckte und so die Struktur änderte. Gleichzeitig konnte beobachtet werden, ob der Versuchsfisch das Dressurzeichen tatsächlich zuerst wählte und dann erst den Futterbrocken aufnahm (K. Herter 1929).

Die Dressuren wurden jeden Tag vorgenommen, da eine längere Unterbrechung, besonders in der ersten Zeit, sich auf den normalen Ablauf der Lerndauer störend

auswirken kann. Da die Lerndauer bei den verschiedenen Signalen genau untersucht werden sollte, mußte dieser Störungsfaktor nach Möglichkeit ausgeschaltet werden. Einige der Versuchsfische wurden nacheinander auf verschiedene Signalpaare dressiert. Eine „Überbelastung" des Assoziationsvermögens wurde nicht beobachtet, wie Kontrollversuche mit undressierten Fischen zeigten.

Dressur auf strukturgleiche, zahlenmäßig differenzierte optische Signale.

Als Dressursignale wurden parallel verlaufende schwarze Striche von 2 cm Länge und 2 mm Breite gewählt, die 2 mm voneinander entfernt waren. Sie befanden sich so auf der Signaltafel angeordnet, daß sie sich von der Mitte nach beiden Seiten symmetrisch anordneten (s. Abb. 1 Typ 1 und 2). Untersucht werden sollte das Assoziationsvermögen von strukturgleichen, aber zahlenmäßig gering differenzierten Signalen. Der Begriff „zahlenmäßig" ist nicht in dem Sinne aufzufassen, daß von einem Abzählen die Rede sein kann, sondern daß es sich hierbei um optische Zeichen handelt, die vom Menschen zahlenmäßig, d. h. durch Abzählen unterschieden werden können. Da von „Zählen" im eigentlichen Sinne bei Fischen nicht gesprochen werden kann, sollte das etwaige Vorhandensein eines derartigen Unterscheidungsvermögens solcher Signale und die Leistungsfähigkeit untersucht werden.

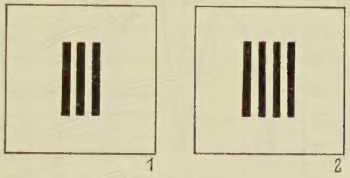

Abb. 1.

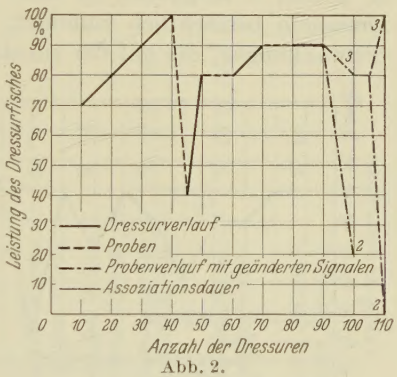

Abb. 2.

Zuerst wurden mit Elritze 1 (E.) Dressuren auf Signaltafeln mit 1 und 2 vertikalen Strichen vom Typ 1/2 (s. Abb. 1) vorgenommen. (Die erste Typenzahl bezeichnet das positive, die zweite das negative Signal.) Das Ergebnis dieser Dressuren zeigt Lernkurve K. 1 Abb. 2. Sie nimmt, in Zehnergruppen dargestellt, einen ziemlich idealen Verlauf. Die nach der 40. Dressur vorgenommene Probe zeitigte dagegen ein negatives Ergebnis und erst nach 30 weiteren Dressuren gelang eine Probe mit 90% richtigen Wahlen. Die Probe mit *2* und *3* Strichen ergab eine deutliche Wahl des 3-Strich-Signals. Es wurde in diesem Fall nicht relativ, sondern absolut gewählt. Dem Dressurfisch wurde in der Probe das negative Dressursignal als zahlenmäßig kleineres, das unbekannte Probesignal als zahlenmäßig größeres geboten. Er wählte nicht der Dressur entsprechend das in diesem Fall als negativ bekannte zahlenmäßig kleinere Signal, sondern das unbekannte zahlenmäßig größere. Das

negative Signal wird also in der Probe als negativ erkannt und vermieden, während es bei relativer Wahl als positiv bewertet werden müßte.

Die Lernkurve K. 2 Abb. 3 der reziproken Dressur zeigt im wesentlichen dieselbe Tendenz wie Lernkurve K. 1 Abb. 2. Die Lerndauer ist fast die gleiche. Die Probe mit 2 und 3 dressurgleichen Signalstrichen ergab eine deutliche Wahl des 2-Strich-Signals. Der Dressurfisch hatte also zwischen einem positiv bekannten, zahlenmäßig kleineren und einem unbekannten, zahlenmäßig größeren Signal zu wählen. Er wählte absolut, d. h. er bevorzugte das an sich in der Probewahl kleinere, bei der Dressur größere Signal. Wenn man die Lernkurve K. 4 Abb. 4 von E. 2 bei der Dressur auf 3 und 4 Striche mit den Kurven K. 1 Abb. 2 und K. 2 Abb. 3 vergleicht, so sieht man, daß die Zahl der notwendigen Dressuren beträchtlich zunimmt. Auch zeigt K. 4 Abb. 4 bedeutende Schwankungen, die mit der zunehmenden Strichzahl der Dressurzeichen stärker werden. Bei der Beurteilung derartiger Kurven ist die Beobachtung der individuellen Leistung des Dressurfisches besonders ausschlaggebend.

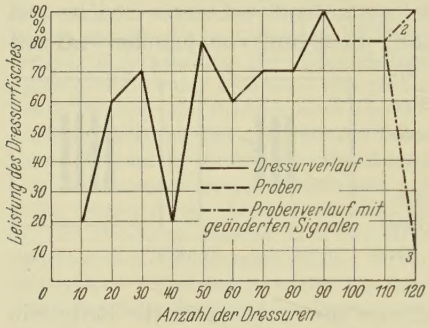

Abb. 3.

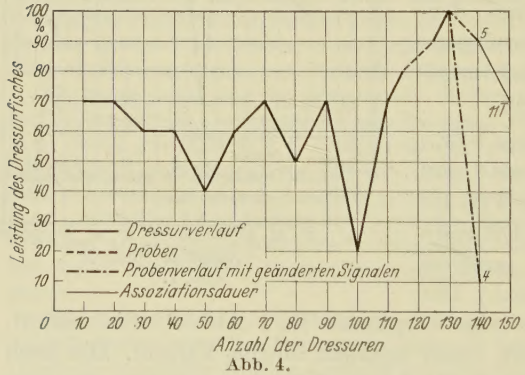

Abb. 4.

Die Probe mit E. 1 (Dressur auf 3 vertikale Striche = positiv und 4 vertikale Striche = negativ) mit 4 und 5 vertikalen Strichen ergab eine 80%ige Wahl der 5 vertikalen Striche. Es wurde also wieder absolut gewählt, d. h. das als negativ bekannte, zahlenmäßig kleinere Signal vermieden und das unbekannte, zahlenmäßig größere Signal gewählt. Die Probe mit E. 2 (Dressur auf 4 vertikale Striche = positiv, 3 = negativ) ergab überraschenderweise eine 90%ige relative Wahl, d. h. von den gebotenen Signalen (4 und 5 vertikale Striche) wurde das 5-Strich-Signal gewählt, also das unbekannte größere Signal, während das zahlenmäßig kleinere, aber als positiv bekannte Signal vermieden wurde.

Tabelle 1.

Dressurfisch	Dressur	Dressurzeichen	Dressurkurve	Anzahl der Dressuren	Assoziationsdauer	Probe mit	
						vertikalen	Strichen
E. 1	D 1	1 vertikaler Strich +	K. 1	70		3	2
		2 vertikale Striche —				80%	20%
E. 2	D. 2	2 vertikale Striche +	K 2	95		2	3
		1 vertikaler Strich —				90%	10%
E. 1	D 3	3 vertikale Striche +	K 3	120	11 Tage = 20%	5	4
		4 vertikale Striche —				80%	20%
E. 2	D 4	4 vertikale Striche +	K 4	115	11 Tage = 70%	5	4
		3 vertikale Striche —				90%	10%
E. 1	D 5	6 vertikale Striche +	K 5	345	31 Tage = 80%	6	7
		5 vertikale Striche —				80%	20%
E. 2	D. 6	5 vertikale Striche +	K 6	115	7 Tage = 70%	7	6
		6 vertikale Striche —				90%	10%
						horizontalen	Strichen
D. 3	D. 7	2 horizontale Striche +	K 7	300	7 Tage = 90%	2	3
		1 horizontaler Strich —			28 Tage = 90%	80%	20%
E. 4	D. 8	1 horizontaler Strich +	K. 8	365	28 Tage = 70%	3	2
		2 horizontale Striche —				70%	30%
E. 3	D. 9 D 9,1	4 horizontale Striche +	K. 9 K. 9,1	370 55	5 Tage = 80%	4	5
		3 horizontale Striche —				80%	20%
						80%	20%
E. 4	D. 10 D. 10,1	3 horizontale Striche +	K. 10 K. 10,1	275 100	5 Tage = 90%	5	4
		4 horizontale Striche —				70%	30%
						90%	10%
E. 5	D. 11	3 vertikale Striche +	K. 11	270	5 Tage = 80%	vertikalen	Strichen
		4 vertikale Striche —			8 „ = 80%	1	2
					9 „ = 90%	70% 90%	30% 10%
					25 „ = 60%	90% 70%	10% 30%

Tabelle 1 (Fortsetzung).

Dressurfisch	Dressur	Dressurzeichen	Dressurkurve	Anzahl der Dressuren	Assoziationsdauer	Probe mit vertikalen Strichen
E. 6	D. 12	4 vertikale Striche +	K. 12	185	11 Tage = 80%	2 1
		3 vertikale Striche —			12 „ = 80%	100% 0%
					17 „ = 90%	90% 10%
						100% 0%
E. 7	D. 13	siehe Abb. 1 Typ 4/3	K. 13	105		
E. 7	D. 14	siehe Abb. 1 Typ 11/12	K. 14	50		
E. 6	D. 15	siehe Abb. 1 Typ 11/10	K. 15	30		
E. 8	D. 16	siehe Abb. 1 Typ 22/21	K. 16	40		
E. 7	D. 17	siehe Abb. 1	K. 17			
		Typ 21,1/22 Typ 11/12,1				
		Typ 21,2/22 Typ 11/12,2				
		Typ 4/3,2 Typ 11/12,3				

Dieses Ergebnis steht nicht nur im Gegensatz zur Probe mit 2 und 3 vertikalen Strichen, sondern auch zu den Ergebnissen der übrigen Dressuren. Dieser Sonderfall zeigt scheinbar, daß man nicht immer auf Grund einer Dressur voraussagen kann, ob bei einer Probe absolut oder relativ gewählt wird. Man könnte annehmen, daß bei der Dressur nur das negative Signal assoziiert worden wäre, d. h. der Dressurfisch nur das negative Signal und nicht das positive als solches zu erkennen gelernt hätte. In diesem Fall hätte dann nur eine Dressur auf 1 Signal stattgefunden. Durch Berücksichtigung der individuellen Leistungen ist aber aus den Tabellen deutlich zu ersehen (einen Tabellenauszug bringt Tabelle 3), daß doch beide Signale getrennt unterschieden werden. Ob in diesem Fall die relative Wahl als Leistung höher zu bewerten ist als eine absolute Wahl, soll dahingestellt bleiben. Um Proben nicht nur nach der zahlenmäßig höheren Seite, sondern auch entgegengesetzt vornehmen zu können und um gleichzeitig zu untersuchen, ob die bei demselben Tier vorgenommenen verschiedenen Dressuren auf die Lerndauer einen Einfluß haben gegenüber noch nicht dressierten Tieren, wurden 2 neue Versuchsfische E. 5 und E. 6 auf 3 und 4 vertikale Striche dressiert. Hier zeigte es sich, daß die Lerndauer dieser „Neulinge" wesentlich länger war als diejenige der schon in der zweiten Dressur befindlichen Versuchstiere E. 1 und E. 2. Die deutliche Differenz der Lerndauer könnte eventuell auch individuell bedingt sein, da sie aber bei 2 Tieren beobachtet

wurde, ist eine Erklärung des Auftretens dieser Differenz durch eine solche individuelle Bedingtheit sehr fraglich. Die mit E. 5 und E. 6 nach der Dressur auf 3 und 4 vertikale Striche mit 1 und 2 vertikalen Strichen vorgenommenen Proben, also ohne Vorhandensein eines bekannten Dressursignals, ergaben eine einwandfreie relative Wahl. E. 5 wählte bei 40 Proben 32mal das 1-Strich-Signal, also 80% positiv und 8mal das 2-Strich-Signal, E. 6, umgekehrt dressiert, wählte bei 30 Proben 29mal 2 und 1mal 1. Bei Dressur (D.) 5 und D. 6 mit E. 1 und E. 2 wurde eine Umkehrung der Signale dahin vorgenommen, daß E. 1. die bei den vorigen Dressuren immer das zahlenmäßig kleinere Signal als positiv erhalten hatte, dieses nun als negatives erhielt. Eine dementsprechende Umkehrung wurde bei E. 2

Tabelle 2.

Anzahl der Versuche	S_1		S_2		S_3	
	19	*20*	*19*	*20*	*19*	*20*
	%	%	%	%	%	%
5	80	20	40	60	20	80
10	20	80	60	40	20	80
15	80	20	80	20	60	40
20	60	40	80	20	60	40
25	80	20	80	20	80	20
30	20	80	40	60	60	40
35	80	20	100	0	60	40
	420	280	480	220	360	340

Die Anzahl der Versuche ist mit den laufenden Nummern angegeben. S_1, S_2, S_3 bezeichnen die Versuchsfische. Die schrägen Ziffern stellen die Signaltypen dar.

Tabelle 3.

Datum 18. 7. Licht: hell Temp. 22° Zeit 12^{02}—12^{28}	Datum 19. 7. Licht: hell Temp. 21° Zeit 12^{35}—12^{52}	Datum 19. 7. Licht: hell Temp. 21° Zeit 13^{15}—13^{35}	Datum 20. 7. Licht: hell Temp. 21° Zeit 9^{35}—9^{50}	Datum 21. 7. Licht: hell Temp. 21° Zeit 11^{55}—12^{05}
1. + r w.s.g.	1. — r	1. + r	1. + r w.s.g.	1. — r
2. + l w.s.g.	2. + r	2. + l	2. + l w.s.g.	2. + l w.s.g.
3. + l w.s.g.	3. + r	3. — r	3. + r w.s.g.	3. — l
4. + r	4. — r	4. + l w.s.g.	4. + r w.s.g.	4. — l
5. + l w.s.g.	5. — r	5. + l w.s.g.	5. — r	5. + r w.s.g.
6. — r	6. + l	6. — l geht sofort nach + r	6. — r	6. + r w.s.g.
7. + l w.s.g.	7. + l	7. — r geht sofort nach + l	7. — r geht sofort nach + l	7. — l
8. — r	8. + r w.s.g.	8. — l	8. — l	8. — l
9. + l	9. + r w.s.g.	9. + l	9. + r	9. — l
10. — l	10. + l w.s.g.	10. + l w.s.g.	10. + l	10. + r
70%	70%	60%	60%	40%

Die Buchstaben r und l bedeuten die rechts- oder linksseitige Position der Signale. Die Prozentangaben am Ende jeder Reihe beziehen sich auf die positive Wahl. Die Bezeichnung w.s.g. zeigt eine Wahl an, bei der eine einwandfreie positive Wahl unter deutlicher Vermeidung des negativen Signals stattgefunden hatte.

vorgenommen. E. 1 erhielt jetzt also 6 vertikale Striche = positiv und 5 = negativ und E. 2 umgekehrt.

Es wurde bei D. 5 ein starkes Ansteigen der notwendigen Dressuren festgestellt. Die Dressur von E. 2 auf D. 6 verlief zuerst überraschend schnell. Da die Lernkurve zu ideal erschien und die Ursache dieser Leistung vielleicht in einer fehlerhaften Zeichnung der Signalfigur zu suchen war, wurde ein neues Signal angefertigt. Das neue Dressurresultat fiel dann auch völlig anders aus, äquivalent dem von E. 1 auf D. 5. Wie eine spätere Untersuchung ergab, war bei der ersten Dressur, die

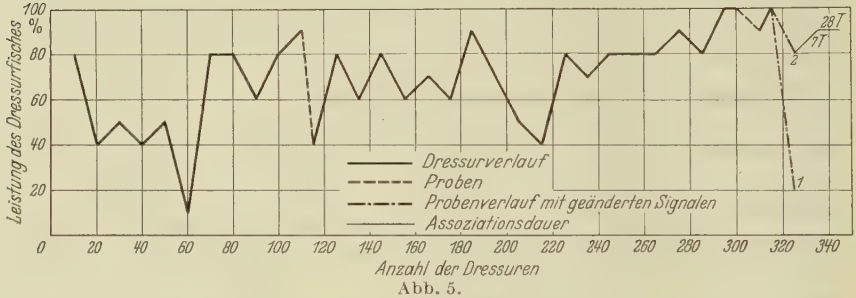

Abb. 5.

eine Dressurtafel durch äußere Einflüsse im Helligkeitston dunkler geworden und es hatte so eine unbeabsichtigte Helligkeitsdressur stattgefunden („Die Helligkeitswerte der Signalfiguren überwiegen über ihre Formwerte" s., K. Herter 1929).

Um derartige Einflüsse auszuschalten, wurden während der Dressuren die Signale häufig durch neue ersetzt. Die mit E. 1 nach D. 5 vorgenommene Probe mit 6 und 7 vertikalen Strichen ergab eine absolute Wahl, d. h. es wurde 6 gewählt. Die entsprechende Probe von E. 2 nach D. 6 fiel ebenfalls absolut aus, es wurde 7 gewählt. Um nun festzustellen, ob die horizontale oder vertikale Anordnung der Signalstriche auf die Lerndauer einen Einfluß hat, wurden dieselben Versuche mit den gleichen Signaltypen gemacht, nur daß die Signaltafeln um 90^0 gedreht wurden, so daß die Signalstriche jetzt horizontal statt vertikal angeordnet waren. Der Mensch kann strukturgleiche, zahlenmäßig differenzierte Strichzeichen bei vertikaler Anordnung besser und schneller unterscheiden, als wenn sie horizontal angeordnet sind [1]. Ähnliche Beobachtungen konnten auch an den Elritzen gemacht werden. Die Dressuren auf horizontale Strichsignale wurden methodisch in der gleichen Weise ausgeführt wie die auf vertikale Striche. Der Vergleich der K. 1 Abb. 2 und K. 2 Abb. 3 mit K. 7 Abb. 5 zeigt den großen Unterschied der Lerndauer und die Unkonstanz des Lernvorganges bei den Dressuren auf horizontale Strichsignale. Die Schwankungen der Kurven sind außerordentlich stark.

[1] Für diese Versuche stellten sich freundlicherweise einige Kollegen zur Verfügung.

Wie bei D. 1 bis D. 6 wurden auch bei den Dressuren auf horizontale Signalstriche entsprechende Proben vorgenommen, die ein grundsätzlich gleiches Resultat zeitigten. D. 7 (2 horizontale Striche = positiv, 1 horizontaler Strich = negativ) ergab bei der Probe mit 2 und 3 horizontalen Strichen eine absolute Wahl, d. h. es wurden 2 horizontale Striche gewählt, also das zahlenmäßig kleinere der beiden Probesignale. D. 8 (1 horizontaler Strich = positiv, 2 horizontale Striche = negativ) ergab bei der Probe mit 2 und 3 horizontalen Strichen ebenfalls eine absolute Wahl, d. h. es wurde 3 gewählt, also das relativ größere.

Die Dressur auf 3 und 4 horizontale Striche zeigt ein, wenn auch geringes Ansteigen der Anzahl der notwendigen Dressuren. Bemerkenswert ist auch hier wie bei den vorigen Dressuren auf horizontale Strichzeichen die Unkonstanz des Dressurverlaufes. Eigenartig ist der starke Kurvenabfall von D. 9 bei der 195. und 240. Dressur nach der sehr konstant gebliebenen Leistung zwischen der 135. und 185. Dressur. Erst von der 345. Dressur ab behalten die Proben einen konstanten Wert (s. K. 9 Abb. 6). Die Proben mit zahlenmäßig erhöhten horizontalen Strichsignalen ergaben wieder eine absolute Wahl. E. 3 wählte nach D. 9 (4 horizontale Striche = positiv, 3 = negativ) bei der Probe mit 4 und 5 horizontalen Strichen das 4-Strich-Signal, also absolut das relativ kleinere Signal. Die mit E. 4 nach D. 10 vorgenommenen Proben mit 4 und 5 horizontalen Strichen ergaben ebenfalls eine absolute Wahl, also eine Wahl des relativ größeren Signals.

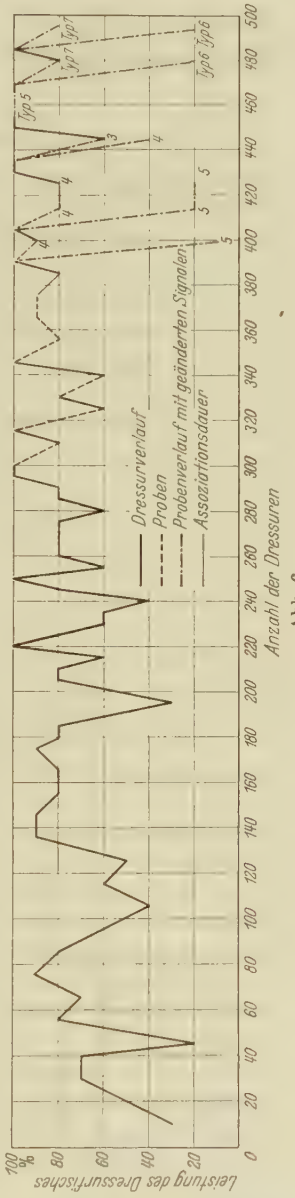

Abb. 6.

Wenn man die Gesamtresultate der Dressuren auf vertikale und horizontale zahlenmäßig differenzierte Strichsignale vergleicht, so kommt man zu folgenden Ergebnissen:

1. Eine Dressur auf strukturgleiche, zahlenmäßig differenzierte Strichsignale ist möglich.

2. Die Anzahl der notwendigen Dressuren auf vertikale, zahlenmäßig differenzierte Strichsignale ist kleiner als die auf horizontale.

3. Mit einem zahlenmäßigen Ansteigen der Signalstriche steigt auch die Anzahl der notwendigen Dressuren.

4. Proben mit zahlenmäßig erhöhten Strichsignalen, bei denen das zahlenmäßig niedrigere Signal zu den Dressursignalen gehörte, ergeben im allgemeinen eine absolute Wahl, also ein Vermeiden des negativen Signals. In 10 Fällen wurde 9mal absolut gewählt.

5. Proben mit zahlenmäßig kleineren Strichsignalen ergeben eine relative Wahl unter der Voraussetzung, daß sich kein bekanntes Dressurzeichen unter den Probesignalen befindet (Herter 1929).

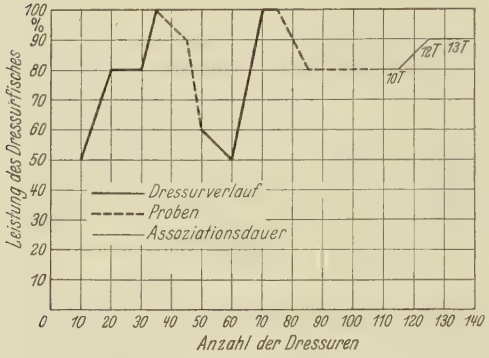

Abb. 7. Umdressur von 4 horizontalen Strichen = positiv, 3 = negativ auf 3 = positiv und 4 = negativ.

Umdressur auf umgekehrte Vorzeichen.

Da die Dressuren auf horizontale strukturgleiche Strichsignale besonders lange Lernkurven ergaben, wurden hier Umdressuren vorgenommen, um bei diesen das Verhältnis der Lerndauer der Umdressur zur primären Dressur festzustellen. Bei der Umdressur wurden dieselben Signale verwendet wie bei der primären Dressur, nur wurde jetzt das positive Signal als negativ und umgekehrt geboten. Der Dressurfisch mußte also die Signalvorzeichen umlernen. Als primäre Dressurzeichen wurden 3 und 4 horizontale Striche gewählt. Die Umdressurlernkurven zeigen nun ein wesentlich anderes Bild als diejenigen der Primärdressuren. Sie sind bedeutend kürzer (vgl. K. 9 Abb. 6 mit K. 9, 1 Abb. 7).

Dieses Resultat überrascht um so mehr, als es sich bei der Umdressur im Prinzip um eine gleiche „Neudressur" handelt, wie etwa eine Dressur auf 3 und 4 Striche nach einer davor erfolgten Dressur auf 1 und 2 Striche. In diesem Fall ändert sich das Signal nur um je 1 Strich, es bleibt also relativ dasselbe, d. h. die Vorzeichen ändern sich nicht, während bei der Umdressur ja eine absolute Änderung der Vorzeichen erfolgt. Eine derartige Vorzeichenänderung scheint also schneller gelernt zu werden als eine einfache Erhöhung der Strichzahl. Während E. 3 bei D. 9 (3 horizontale Striche = negativ, 4 = positiv) erst nach 370 Dressuren einwandfreie Proben ergab, war die Umdressur auf 3 horizontale Striche = positiv, 4 = negativ schon nach 55 Dressuren erfolgreich. Dasselbe Bild zeigt die Umdressur von E. 4 von D. 10 auf D. 10, 1. Die primäre

Dressur beanspruchte 275 Versuche, die Umdressur nur 100. Besonders interessant bei den Umdressuren waren die Resultate der Gedächtnisproben, auf die weiter unten noch eingegangen werden wird.

Dressurproben mit veränderten Signalen.

Um nun festzustellen, worauf das Unterscheidungsvermögen des Dressurfisches beruht, bzw. wonach sich der Dressurfisch bei der Unterscheidung der strukturgleichen Signale richtet, wurden mehr oder minder große Veränderungen an den Signalen während der Proben vorgenommen. Ein zahlenmäßiges Erfassen und dadurch bedingtes Unterscheiden im menschlichen Sinne kommt ja hier nicht in Frage. Entweder mußte der Dressurfisch die strukturgleichen, zahlenmäßig differenzierten Strichsignale nur als verschieden große Flächen unterscheiden, oder aber

Abb. 8.

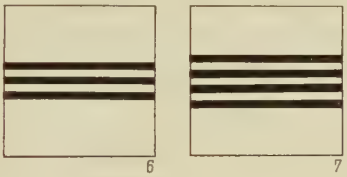

Abb. 9.

Abb. 10.

die zahlenmäßige Differenzierung mußte bei der Unterscheidung auch eine Rolle spielen. Um nun das Ausschlaggebende einer dieser beiden Möglichkeiten zu untersuchen, wurden Versuche mit veränderten Probezeichen unternommen.

Eine Veränderung der Flächendifferenzierung wurde mit E. 6 nach der Dressur auf 4 vertikale Striche = positiv, 3 = negativ vorgenommen. Das in diesem Fall flächenmäßig kleinere *negative* Signalzeichen wurde durch Verbreiterung der Signalstriche und der Strichzwischenräume so verändert, daß das Signal flächenmäßig so groß war wie das *positive* 4-Strich-Signal (s. Abb. 8, Typ 23). Bei der Probe wurden aber beide Signale vom Dressurfisch ihrem Wert nach deutlich erkannt (90% positiv, 10% negativ). Mit E. 3 und E. 4 wurden nach der Dressur auf 4 horizontale Striche = positiv, 3 = negativ und umgekehrt Proben durchgeführt, bei denen die Strichsignale in der Weise verändert wurden, daß die Striche bis zum Rande der Signaltafel durchgezogen wurden (s. Abb. 9, Typ 6/7). Es fand hier also eine Veränderung beider Signalzeichen statt. Die Proben damit ergaben eine einwandfreie Unterscheidung der Signale im Sinne der vorangegangenen Dressuren.

In derselben Dressurgruppe wurde dann bei E. 3 das positive und bei E. 4 das negative Signal in der Weise geändert, daß einmal der unterste und einmal der oberste Strich nach beiden Seiten um je 5 mm verlängert wurde (s. Abb. 10, Typ 5). Trotz des so veränderten Signals ergab die

Probe im ersten Fall eine 100%ige, im zweiten eine 80%ige positive Wahl. Es wurde also hier die rechteckige Flächenform des Signals in weitgehendem Maße verändert. Dasselbe Ergebnis zeitigte auch die Probe mit E. 6 nach der Dressur auf 4 vertikale Striche = positiv, 3 = negativ. Hier wurde beim positiven Signal der linke äußere Strich nach oben und unten um ebenfalls 5 mm verlängert. Die 20 vorgenommenen Proben ergaben ein 85%iges positives Resultat. Man kann nun aus der Tatsache, daß diese mit zeichenmäßig veränderten Signalen vorgenommenen Proben ein positives Ergebnis zeitigten, nicht ohne weiteres schließen, daß der Dressurfisch das positive Signal trotz seiner Veränderung durch beiderseitiges Verlängern eines Signalstriches als Dressurzeichen „wiedererkannt" und deswegen mit einer positiven Reaktion beantwortet hat. Es kann ja auch der Fall sein, daß z. B. bei E. 6, D. 12 das bekannte negative Signal, das ja nicht verändert wurde, als solches erkannt und vermieden wurde und deshalb das veränderte positive Signal gewählt, als solches dressurgemäß aber nicht mehr erkannt wurde.

Bei der Erörterung dieser Frage muß die individuelle Leistung des Dressurfisches stark berücksichtigt werden. Schwimmt z. B. der Dressurfisch nach dem Eintauchen der Signale zuerst nach dem negativen Signal und dann erst nach dem positiven, so kann in diesem Fall, wo er das negative Signal erkennt, und dann vermieden hat, die Leistung nicht gewertet werden. Schwimmt er aber direkt von seiner Ausgangsstellung auf das veränderte positive Signal zu, so hat er es als positiv erkannt trotz der Änderung. Da dieser letzte Fall häufig einwandfrei registriert werden konnte, scheint das Signal also trotz seiner zeichenmäßigen Änderung vorzeichenmäßig erkannt zu werden. Bis zu einem gewissen Grade konnte das ja schon durch die Proben mit den bis zum Signaltafelrand durchgezogenen Signalstrichen bewiesen werden.

Stark beeinflussend wirkt sich eine Änderung der Strukturrichtung des Signals aus. So wurde bei E. 4 und E. 3 nach der beendeten Dressur auf 3 und 4 horizontale Striche Proben vorgenommen, bei denen die unveränderten Signaltafeln um 90° gedreht wurden. Es wurde also das Dressurzeichen selbst nicht geändert, nur war nach der Drehung der Tafel die Struktur nicht mehr horizontal, sondern vertikal. Es hatte also auch keine Änderung der Form und Begrenzung der Signalfläche stattgefunden. Die Proben zeitigten aber ein völlig negatives Resultat (60%, 40% bei E. 3 und 50%/50% bei E. 4). Die Strukturrichtung spielt also beim Lernvorgang dieser Dressurzeichen eine ausschlaggebende Rolle.

Um nun den Einfluß von Helligkeitsänderungen der Signale zu untersuchen, wurden Proben mit konträrhelligkeitsgeänderten Signalen vorgenommen. So wurden nach der Umdressur von E. 3 von 4 horizontalen Strichen = positiv und 3 = negativ auf umgekehrte Vorzeichen und nach der äquivalenten Umdressur von E. 4 Proben mit weißen Signalen auf schwarzen Signaltafeln vorgenommen (s. Abb. 11). Das Resultat war eine

92%ige positive Wahl bei E. 3 und eine 80%ige bei E. 4. Das gleiche Ergebnis erbrachten die Proben bei E. 5 und E. 6 nach einer Dressur auf 3 und 4 vertikale Strichsignale. E. 5 wählte bei den konträrhelligkeitsgeänderten Proben 90% positiv, desgleichen E. 6. Eine ähnliche Probe wurde mit E. 6 unternommen. Hier wurde nur das positive Signal konträrhelligkeitsgeändert, während das negative Signal die normale Helligkeit behielt. Die Probe fiel mit einer 80%igen Wahl positiv aus[1]. Helligkeitsänderungen der Dressursignale haben also auf das Unterscheidungsvermögen des Versuchsfisches keinen Einfluß.

Abb. 11.

Assoziationsdauer.

Über die Assoziationsdauer der Elritzen liegen von Hafen, Stetter und Wolf Resultate vor. Hafen konnte bei Tondressuren eine Assoziationsdauer bis zu 163 Tagen feststellen. Stetter sogar bis zu 11 Monaten. Bei optischen Dressuren konnte Wolff eine Assoziationsdauer von 8 Monaten, Schiemenz bei einer Gelb-Rot-Dressur von 30 Tagen nachweisen. Bei den Dressuren auf farb- und strukturgleiche, zahlenmäßig differenzierte Strichsignale wurde bei der Dressur auf 5 und 6 vertikale Strichsignale eine einwandfreie Assoziationsdauer von 31 Tagen festgestellt.

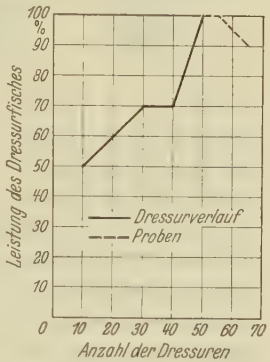

Abb. 12. Dressur auf 3 (+) und 4 (—) vertikale Strichzeichen. Probe mit konträrhelligkeitsgeändertem negativen Signal.

Die nach der Umdressur vorgenommenen Gedächtnisproben ergaben ebenfalls eine einwandfreie Assoziationsdauer bis zu 23 Tagen[2]. Es wurde vom Dressurfisch hier im Sinne der Umdressur gewählt, die letzte Dressur ist also ausschlaggebend.

Dressur auf optische Annäherungssignale.

Die Dressuren auf strukturgleiche optische Strichsignale haben gezeigt, daß man innerhalb der Proben gewisse Veränderungen der Signale vornehmen kann. Während aber hierbei die Veränderung so vorgenommen wurde, daß der absolute Unterschied der beiden Signale konstant blieb, fand bei den Annäherungsversuchen eine Angleichung der zeichenmäßigen Signalunterschiede statt in der Weise, daß ein Signal bildmäßig dem anderen angenähert wurde. Es sollte also die Grenze

[1] Proben im entgegengesetzten Sinne ergaben das gleiche Resultat (90%, s. K. 22 Abb. 12).

[2] Die Assoziationsdauer wurde folgendermaßen geprüft: Nach Abschluß der gelungenen Umdressur wurde der Versuchsfisch nur gefüttert ohne Vorzeigen eines Signals. Nach einer bestimmten Zeit wurden Proben vorgenommen, z. B. 10 Proben nach 10 oder 12 Tagen nach Abschluß der Dressur.

festgestellt werden, bis zu welcher der Dressurfisch noch Unterschiede der angenäherten Dressursignale wahrnehmen kann (s. K. Herter 1934). Der Dressurfisch wurde auf 2 zeichenmäßig differenzierte Signale dressiert und dann Proben vorgenommen, bei denen das eine Signal zeichenmäßig dem anderen angenähert wurde. Diese Annäherungsdressuren wurden mit 4 verschiedenen Signalpaaren vorgenommen.

E. 7 wurde auf ein Signalpaar dressiert, das aus je 4 vertikalen Strichen von 2 mm Dicke bestand, die auf einer Signaltafel von 2,5 × 4 cm Größe aus schwarzem Kalikopapier ausgeschnitten, aufgeklebt waren. Das positive Signal hatte 4×2 cm lange Striche, die ihre Basis am unteren Rande der Signaltafel hatten und bis zur Mitte der Tafel parallel zueinander verliefen, während bei dem gleichstrukturierten negativen Signal die beiden rechten Striche bis zum oberen Signaltafelrand durchgezogen

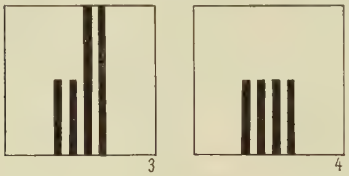

Abb. 13.

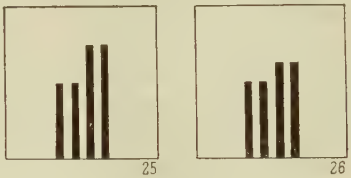

Abb. 14.

waren (s. Abb. 13, Typ 3 und 4). Nach 105 Dressuren, während deren die Lernleistungen sehr gut waren, wurden einwandfreie Proben erzielt (s. D. 13).

Jetzt wurden Proben mit Signalen vorgenommen, bei denen die längeren Striche des negativen Signals von oben nach unten langsam verkürzt wurden, so daß eine langsame Annäherung des negativen Signals an das positive stattfand (s. Abb. 14, Typ 25 und 26). Diese Verkürzungsgrade der langen Striche des negativen Signals wurden mit den Zahlen 1—6 bezeichnet (die Verkürzungszahlen 1—6 geben die Länge der beiden langen Striche nach der Verkürzung an. Länge der beiden Striche bei 1 = 4 cm, 2 = 3 cm, 3 = 2,5 cm, 4 = 2,3 cm, 5 = 2,2, cm, 6 = 2,1 cm. Das Annäherungsmaximum betrug 1 mm Längendifferenz, d. h. die zwei langen Striche des Negativsignals wurden so weit verkürzt, bis sie nur noch 1 mm länger waren als die gleichlangen positiven Signalstriche. Da diese geringe Längendifferenz infolge des 2 mm betragenden Abstandes der parallel laufenden Striche noch deutlich unterschieden werden konnte, wurde dieser Abstand jetzt auf 8 mm vergrößert (s. Abb. 15, Typ 24). Eine Probe mit normal langen Signalen, aber mit vergrößertem Abstand, ergab ein positives Resultat. Eine jetzt vorgenommene Verkürzung gab aber von der Verkürzung 4 ab unsichere Resultate bei den Proben, die bei der 6. Verkürzung absolut negativ verliefen. Es wird also mit zunehmendem Abstande der Signalstriche ihre Längendifferenz auch schwerer unterschieden. Dieselbe Feststellung kann auch

beim Menschen gemacht werden. Eine mit E. 8 vorgenommene äquivalente Dressur auf horizontale Strichsignale zeigte dieselbe Tendenz. Nur wurde die Verkürzung nicht bis zu einer so geringen Längendifferenz wahrgenommen wie bei den vertikalen Signalzeichen. Wahrscheinlich ist dieses Ergebnis individuell bedingt. Äquivalente Versuche wurden jetzt mit Signalzeichen von einer mehr ausgeprägten Flächenstruktur vorgenommen (s. Abb. 16, Typ 11/12). Die als negatives Signal fungierenden 4 kleinen schwarzen Quadrate haben zusammen den gleichen Flächeninhalt wie das große Quadrat, das als positives Signal galt.

Nach den mit den Elritzen vorgenommenen sehr schnell verlaufenden Dressuren, die schon nach 50 Versuchen einwandfreie Proberesultate zeitigten, wurde das negative Signal in der Weise verändert, daß die 4 Quadrate gleichmäßig zum Mittelpunkt der Signaltafel hin verschoben

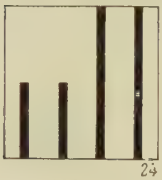

Abb. 15.

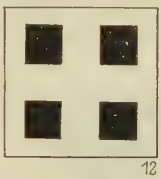

Abb. 16.

Abb. 17.

wurden. Es fand also eine Annäherung an das positive Signal statt. Die Frage bestand nun darin, bis zu welchem Annäherungsgrad dem Dressurfisch die Differenzierung der Signale möglich war (Herter 1934). Das Maximum der Annäherung betrug 1 mm Entfernung der einzelnen Quadrate. Hier ergab eine 80%ige Wahl noch einwandfreie Resultate. Die mit $^1/_2$ mm Quadratabstand vorgenommenen Probeversuche ergaben ein 70%iges Resultat, das aber nicht mehr als einwandfreies Ergebnis bezeichnet werden kann. In einzelnen Fällen konnte ein Unterscheidungsvermögen noch beobachtet werden, aber als einwandfreies Resultat können diese Einzelfälle nicht gewertet werden.

Ein äquivalenter Versuch mit ungegliederten Signalen wurde mit E. 6 unternommen (D. 15). Es wurden dafür das positive Signal des vorigen Versuches und ein kleineres Quadrat von 1 cm Kantenlänge benutzt (Abb. 16 u. 17, Typ 11 10). Das große Quadrat war negativ, das kleinere positiv. Die Dressur verlief sehr schnell, nach 30 Dressuren ergaben 30 Proben mit 83% ein einwandfreies Resultat. Die Annäherung der beiden Signale wurde auch hier wieder einseitig von der negativen Seite her vorgenommen in der Weise, daß das große negative Quadrat zum Mittelpunkt der Signaltafel gleichseitig verkleinert wurde, um die Annäherungsgrenze festzustellen, bis zu der der Dressurfisch die größenmäßigen Unterschiede der Quadrate wahrnehmen konnte.

Das Ergebnis zeigt, daß ungegliederte Signale keine so starke Annäherung zulassen wie gegliederte. Die maximale Annäherung des negativen

großen Signalzeichens, d. h. die Verkleinerung, betrug nur $^1/_3$ Kantenlängenverkürzung des primären Signals. Auch die nach einem Monat vorgenommene Gedächtnisprobe zur Feststellung der Assoziationsdauer ergab mit 60% ein anderes Bild als die Proben mit stark gegliederten Signalen. Eine Probe mit ähnlichen Signalen, die aus verschieden großen kreisrunden schwarzen Scheiben bestanden (Abb. 18, Typ 13/14), ergab eine, den Dressursignalen entsprechende positive Beantwortung (90%). Dressuren auf Größenunterschiede lassen also eine Formänderung der Signale zu, solange die Größenunterschiede nicht wesentlich geändert werden (s. HERTER 1929).

Dressur auf mehr als 2 optische Signale.

Die bis jetzt beschriebenen Dressurversuche wurden immer mit 2 Signalen vorgenommen, von denen das eine als positiv, das andere als negativ galt. Da bei derartigen Dressuren nur mit 2 Vorzeichen gearbeitet

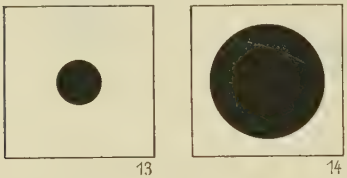

Abb. 18.

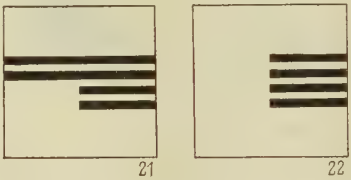

Abb. 19.

werden kann, konnte deren Anzahl nicht erhöht werden. Die Anzahl der Reaktionen ist also in diesem Fall beim Dressurfisch auf 2 beschränkt. Für diese Versuche wurde der Dressurfisch E. 7 gewählt, der bereits schon auf die Signalpaare 3/4 und 12/11 (s. Abb. 13 u. 16) dressiert wurde, nachdem durch Proben die Konstanz dieser Assoziation festgestellt worden war. Es fand also kein durch Überdecken einer sekundären Assoziation bedingtes Verschwinden der primären statt. Bis zu einem gewissen Grad war das der Fall bei den Umdressuren. Die Neudressur wurde auf Signal 22/21 Abb. 19 vorgenommen. Diese Dressuren wurden von Zeit zu Zeit durch Proben mit den Signalen 11/12 und 4/3 unterbrochen. Es zeigte sich, daß trotz der starken Assoziationsbelastung die Neudressur auf Signal 22/21 Abb. 19 normal verlief, wie an Kontrollversuchen eines auf dieselben Signale dressierten neuen Fisches festgestellt wurde. Die K. 17 läßt deutlich die hohe Konstanz des Lernvorganges erkennen. Der Lernvorgang würde also durch das Vorhandensein von anderen Assoziationen nicht beeinträchtigt.

Die qualitative Leistung des Assoziationsvermögens wurde nun durch Änderungen bzw. Annäherungen der Signale untersucht. So wurden die einzelnen Quadrate des negativen Signals 12 einander konzentrisch genähert (s. K. 17 Abb. 20), dann wurden Verkürzungen der langen Striche von Signal Typ 3 und Typ 21 vorgenommen. Die Resultate zeigen, daß

mindestens 3 Dressurzeichenpaare, also 6 verschiedene optische Signale vom Dressurfisch assoziiert werden können und mit den diesbezüglichen Reaktionen beantwortet werden. Die Bildung neuer Assoziationen wird also durch das Vorhandensein anderer nicht beeinflußt. Veränderungen der dafür verwendeten Signale können weitgehend vorgenommen werden, solange die Struktur nicht geändert wird.

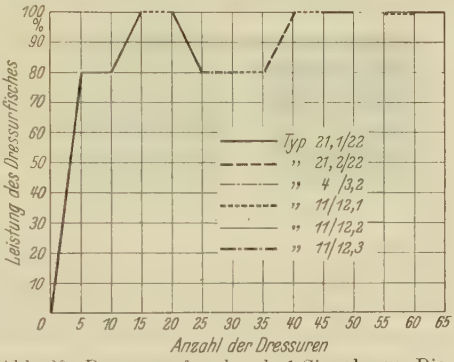

Abb. 20. Dressur auf mehr als 1 Signalpaar. Die Zahlen hinter dem Komma geben die Verkürzungs- bzw. Annäherungsgrade der Signalzeichen an.

Spontanwahlversuche mit gegliederten und ungegliederten optischen Signalpaaren.

Im Verlauf der oben beschriebenen Dressurversuche wurde verschiedentlich die Beobachtung gemacht, daß gegliederte Signale eine stärkere Anziehungskraft auf den Dressurfisch ausüben als ungegliederte (s. Herter 1929 und Hertz 1929). Zur Klärung dieser Frage wurden Spontanwahlversuche mit undressierten Fischen vorgenommen. Für diese Versuche wurde nur in einem Fall eine Elritze verwendet, sonst wurde hier mit Sonnenfischen *(Eupomotis gibbosus)* gearbeitet, die sich für derartige Versuche besser eignen (s. unten). Die größte Schwierigkeit bei der Spontanwahl besteht in der geringen Anzahl der Proben, die vorgenommen werden können. Nach einer größeren Anzahl von Proben kann es leicht zu einer Selbstdressur des Fisches kommen, durch die eine richtige Beurteilung der Spontanreaktionen in Frage gestellt wird. Deswegen wurden bei diesen Versuchen nur 30—40 Proben gemacht. Die Kurven ergeben daher auch kein so ideales Bild wie diejenigen der Dressuren (s. Kurven der Spontanwahlversuche). Die für die Spontanwahl verwendeten Versuchsfische wurden zuerst daran gewöhnt, vom Draht zu fressen, dann wurden ihnen weiße Signaltafeln ohne Zeichnungen geboten und schließlich, nachdem sie ohne Scheu die Futterbrocken vom Draht nahmen, wurden ihnen die Signale gereicht.

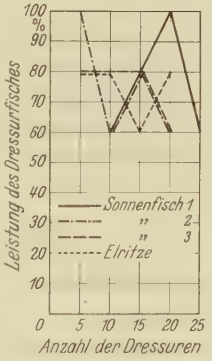

Abb. 21. Spontanwahl mit Typ $^{12}/_{13}$.

Die ersten Spontanwahlversuche wurden mit einer Elritze und 3 Sonnenfischen unternommen. Es zeigte sich, daß sich Sonnenfische besser dafür eignen als Elritzen, da sie spontaner wählen, d. h. sie schwimmen von ihrem Standplatz sofort nach Eintauchen der Signale in gerader Linie

auf das von ihnen bevorzugte Signal zu. Die Bewertung der Resultate ist daher einwandfreier. Die für den ersten Versuch benutzten Signale bestanden aus 2 quadratischen Tafeln von 4 cm Kantenlänge, von denen die eine schwarz war, während die andere in 25 ungleich große schwarze Felder eingeteilt war (s. Abb. 22, Typ 15/16). Das Ergebnis dieser ersten

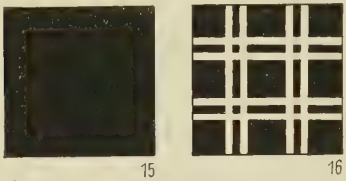

Abb. 22.

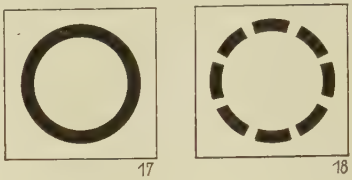

Abb. 23.

Spontanwahl zeigt K. 18, Abb. 21. Die hier wiedergegebenen Kurven zeigen die Wahl der 4 Versuchsfische. Es ist eine deutliche Bevorzugung des gegliederten Signals festzustellen bei allen 4 verwendeten Versuchstieren.

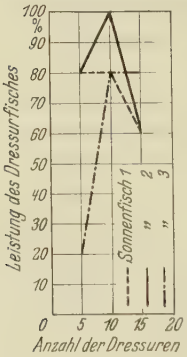

Abb. 24.

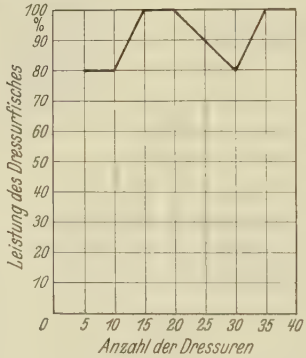

Abb. 25.

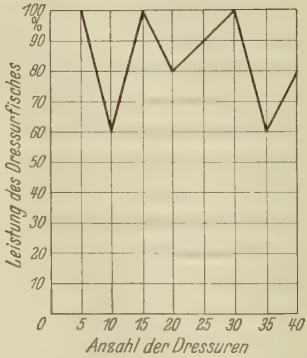

Abb. 26.

Abb. 24. Spontanwahl mit Typ $^{17}/_{18}$.

Abb. 25. Spontanwahl mit strukturgleichen konträrhelligkeitsverschiedenen Signalen (Typ 1 und 9).

Abb. 26. Spontanwahl mit strukturgleichen konträrhelligkeitsverschiedenen Signalen (Typ 1 und 9).

Beim 2. Versuch wurden 2 Kreise von gleicher Größe verwendet (s. Abb. 23, Typ 17/18), von denen der eine 8mal unterbrochen war. Bei der mit 3 Sonnenfischen vorgenommenen Spontanwahl fand eine deutliche Bevorzugung des unterbrochenen Signalkreises statt (s. K. 19, Abb. 24) also eine Wahl des gegliederten Signals. Spontanwahlversuche mit strukturgleichen, konträrhelligkeitsverschiedenen Signalen, ergaben eine Bevorzugung des dunkleren Signals (von den verwendeten Signalen Typ 1 und 9 Abb. 1 u. 27 wurde letzteres bevorzugt; s. K. 20 und 21, Abb. 25 u. 26, die die Bevorzugung des dunkleren Signals zeigen). Daß das Resultat nicht bei allen verwendeten Signalen ein absolutes ist,

zeigt der Versuch mit Signal 19/20, Abb. 28. Die Ergebnisse sind kurvenmäßig schwer zu deuten, es liegt anscheinend eine Bevorzugung des einfachen Kreises vor, auch einzelne individuelle Beobachtungen scheinen dies zu bestätigen. Die Kurven zeigen aber ein so unklares Bild, daß eine einwandfreie Beurteilung des Versuches nicht in Frage kommt (s. Zahlentabelle 2).

Es besteht die Möglichkeit, daß die 3 konzentrischen Kreise nicht in dem Maße als „gegliedert" von dem Versuchsfisch empfunden werden, wie etwa der unterbrochene Kreis oder die aufgeteilte schwarze Fläche. Vielleicht ist auch die Differenzierung der beiden Zeichen nicht stark

Abb. 27.

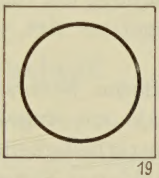

Abb. 28.

genug, um bei einer Spontanwahl eine einwandfreie Reaktion des Versuchsfisches hervorzurufen. Aus den beiden oben beschriebenen Versuchen ergibt sich dagegen eine deutliche spontane Bevorzugung gegliederter Signale.

Zusammenfassung.

Schaller (1926) und Herter (1930) stellten zuerst einwandfrei ein deutliches optisches Formendifferenzierungsvermögen bei einzelnen Fischarten mit Hilfe der Dressurmethode fest. Die in der vorliegenden Arbeit beschriebenen Experimente sollten die Leistungen des Formenunterscheidungsvermögens weiter untersuchen. Folgende Ergebnisse wurden erhalten:

Bei Elritzen ist eine Dressur auf strukturgleiche, zahlenmäßig differenzierte Strichsignale möglich. Optische Signale, die aus vertikalen Strichen bestehen, werden schneller assoziiert als soche, bei denen die Strichzeichen horizontal orientiert sind. Eine Belastung des Assoziationsvermögens durch mehrere hintereinander erfolgte Dressuren hatte keinen störenden Einfluß auf die Assoziationsgeschwindigkeit. Die maximale Leistung des Assoziationsvermögens bestand in der einwandfreien Differenzierung von 6 optischen Signalen. Diese quantitative Assoziationsleistung wurde qualitativ noch dadurch erhöht, daß Begrenzungsänderungen der Signale vorgenommen wurden. Die nach Dressuren auf strukturgleiche, zahlenmäßig differenzierte Strichsignale vorgenommenen Proben mit einem bekannten und einem unbekannten strukturgleichen Strichsignal ergaben im allgemeinen eine absolute Wahl (in 9 von 10 Fällen). Proben mit strukturgleichen, zur Dressur zahlenmäßig relativ

veränderten Strichsignalen ergaben eine relative Wahl. Mit wachsender Dressurstrichzahl nahm die Anzahl der notwendigen Dressuren zu. Die nach einer Dressur auf bestimmte optische Signale vorgenommene Umdressur auf dieselben Signale mit umgekehrten Vorzeichen verlief wesentlich schneller als die erstere. Eine erstmalig dressierte Elritze zeigte im allgemeinen ein weniger schnelles Assoziationsvermögen (d. h. die Lerndauer ist länger) als eine schon mehrmals dressierte. Eine zeichenmäßige Veränderung von optischen Signalen im Sinne einer Annäherung konnte im weitgehenden Maße vorgenommen werden (Größendifferenzen von 1 mm wurden noch wahrgenommen). Änderungen der Helligkeit oder der flächenmäßigen Ausdehnung der Signale unter Wahrung der Struktur hatten keinen Einfluß negativer Art auf das Erkennungsvermögen der Elritzen.

Elritzen und Sonnenfische bevorzugen bei Spontanwahlversuchen gegliederte optische Signale vor ungegliederten. Spontanwahlversuche mit strukturgleichen, konträrhelligkeitsverschiedenen Signalen ergaben eine Bevorzugung des dunkleren Signals.

Literaturverzeichnis.

Buddenbrock, W. v.: Eine neue Methode zur Erforschung des Formsehens der Insekten. Naturwiss. **1935**. — **Frisch, K. v. u. C. Stetter:** Untersuchungen über den Sitz des Gehörsinnes bei der Elritze. Z. vergl. Physiol. **17** (1932). — **Hafen, G.:** Zur Psychologie der Dressurversuche. Z. vergl. Physiol. **22** (1935). — **Herter, K.:** Dressurversuche an Fischen. Z. vergl. Physiol. **10** (1929). — Weitere Dressurversuche an Fischen. Z. vergl. Physiol. **11** (1930). — Dressurversuche mit Igeln. I. Z. vergl. Physiol. **18** (1933). — Dressurversuche mit Igeln. II. Z. vergl. Physiol. **21** (1934). — **Hertz, M.:** Die Organisation des optischen Feldes bei der Biene. I. Z. vergl. Physiol. 8 (1929). — Die Organisation des optischen Feldes bei der Biene. II. Z. vergl. Physiol. **11** (1929). — Die Organisation des optischen Feldes bei der Biene III. Z. vergl. Physiol. **14** (1931). — Über figurale Intensitäten und Qualitäten in der optischen Wahrnehmung der Biene. Biol. Zbl. **53** (1933). — Zur Physiologie des Formen- und Bewegungssehens. Z. vergl. Physiol. **21** (1934). — Die Untersuchung über den Formensinn der Honigbiene. Naturwiss. **36** (1935). — **Horio, G.:** Die Farb- und Formdressur an Karpfen. Jap. J. med. Sci., Trans. III. Biophysics **4**, 395—402 (1938). — **Schaller, A.:** Sinnesphysiologische und psychologische Untersuchungen an Wasserkäfern und Fischen. Z. vergl. Physiol. **4** (1926). — **Schiemenz, F.:** Über den Farbensinn der Fische. Z. vergl. Physiol. **1** (1924). — **Wolf, E.:** Das Verhalten der Bienen gegenüber flimmernden Feldern und bewegten Objekten. Z. vergl. Physiol. **10** (1924). — **Wolff, H.:** Das Farbenunterscheidungsvermögen der Elritze. Z. vergl. Physiol. **3** (1925). — **Zerrahn, G.:** Formdressur und Formunterscheidung bei der Honigbiene. Z. vergl. Physiol. **20** (1934). — **Zunini, G.:** Contributo allo studio dell'appendimento dei pesci. I. Osservazioni sul salto delle sanguinerole *(Phoxinus Laevis Agas)*. Arch. ital. Psicol. **15** (1937).

Lebenslauf.

Ich, Hans Joachim Hager wurde am 10. 5. 1911 zu Berlin-Spandau geboren und bestand das Abitur Ostern 1932 auf der Deutschen Oberschule zu Berlin-Zehlendorf. In Berlin studierte ich Biologie, Anthropologie, Ethnologie, Journalistik, Philosophie. Meine Lehrer waren: Frau Prof. Hertwig und die Herren Prof. Dessoir, Dovifat, Fischer, Heepe, Herter, Hesse, Krause, Lenz, Preuss, Freiherr von Verschuer, Weinert, Zimmer.